



1

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of

Freier

Serial No. 10/052,487

Examiner (not assigned)

Filed January 23, 2002

Art Unit 3725

For PROCESS FOR PRODUCING A COLD-ROLLED STRIP OR SHEET OF
STEEL AND STRIP OR SHEET WHICH CAN BE PRODUCED BY
THE PROCESS

Assistant Commissioner of Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Dear Sir:

Attached hereto is a certified priority document for German Patent
Application 101 02 932.2 which is the application for which the applicant has a claim
of foreign priority under 35 U.S.C. 1.119.

Respectfully submitted,

Michael E. Whitham
Reg. No. 32,635



30743

PATENT TRADEMARK OFFICE



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

101 02 932.2

Anmeldetag:

23. Januar 2001

Anmelder/Inhaber:

Salzgitter AG,
Peine/DE

Bezeichnung:

Verfahren zur Herstellung eines kalt gewalzten
Bandes oder Bleches aus Stahl und nach dem
Verfahren herstellbares Band oder Blech

IPC:

C 21 D 8/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Januar 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

GRAMM, LINS & PARTNER
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

Salzgitter AG
Gerhard-Lucas-Meyer-Straße 3 – 5

31226 Peine

Braunschweig:

Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm*
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins*
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schrammek
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann*
Patentanwalt Dipl.-Ing. Justus E. Funke* (†1997)
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein*
Rechtsanwalt Stefan Risthaus

Hannover:

Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer*

* European Patent Attorney
° European Trademark Attorney

Ihr Zeichen/Your ref.:

Unser Zeichen/Our ref.:
0269-156 DE-1

Datum/Date
23. Januar 2001

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten, gut verformbaren Bandes oder Bleches aus Stahl, das nach einem Warmwalzen, Aufhaspeln und Kaltwalzen einem rekristallisierenden Glühen und ggf. einem Dressiervorgang unterzogen wird und ein Bake-Hardening-Potential nach einer anschließenden Verformung und für eine anschließende Temperaturbehandlung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das rekristallisierende Glühen in einem Haubenofen im Bund durchgeführt wird und dass das Band oder Blech nach dem rekristallisierenden Glühen von einer Temperatur T mit $200^{\circ} \text{C} \leq T \leq A_1$ einer Abkühlung mit einer Abkühlgeschwindigkeit $\geq 1^{\circ} \text{C/s}$ unterzogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur $T \geq 450^{\circ} \text{C}$ ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Band nach dem rekristallisierenden Glühen im Bund auf $\leq 150^{\circ} \text{C}$ abgekühlt und anschließend durch Wiedererwärmung des abgehaspelten

Antwort bitte nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13
D-30173 Hannover
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0511 / 988 75 07
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1
D-38122 Braunschweig
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0531 / 28 14 0 – 0
Telefax 0531 / 28 14 0 – 28

Bandes einem kurzzeitigen Glühen mit der Temperatur T für eine Glühdauer ≤ 20 Min. unterzogen wird.

- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Glühdauer des kurzzeitigen Glühens zwischen 2 Min. und 5 Min. gewählt wird.
- 10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abkühlung von der Temperatur T mit einer Abkühlgeschwindigkeit $\geq 2^\circ \text{C/s}$ vorgenommen wird.
- 15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Band oder Blech vor dem kurzzeitigen Glühen dressiert wird.
- 20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Band oder Blech nach dem kurzzeitigen Glühen dressiert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Feuerverzinkung des Bleches oder Bandes als Teil des kurzzeitigen Glühens benutzt wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass ein Stahl mit C-Gehalt $\geq 0,02$ % verwendet wird.**
- 30 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch die Verwendung einer Stahlsorte, die aus den Stahlsorten St12 bis St15, ZStE und ZStEi ausgewählt worden ist.
11. Gut verformbares, kaltgewalztes Band oder Blech, herstellbar nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Bake-Hardening-Potential nach einer anschließenden Verformung und für eine anschließende Temperaturbehandlung sowie mit einem C-Gehalt $\geq 0,02$ %

und mit Zementitausscheidungen in der Matrix und an den Korngrenzen.

12. Band oder Blech nach Anspruch 11, hergestellt aus einem Stahl der Stahlsorte St12, St13, St14 oder St15.

5

13. Band oder Blech nach Anspruch 11, hergestellt aus einem Stahl der Stahlsorte ZStEi.

14. Band oder Blech nach Anspruch 11, hergestellt aus einem Stahl der Stahlsorte ZStE.

10

15. Band oder Blech nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass es eine feuerverzinkte Oberfläche aufweist.

- 15 16. Band oder Blech nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass es nach der Feuerverzinkung der Oberfläche dressiert ist.

17. Einbrennlackiertes Blech, hergestellt aus einem Band oder Blech nach einem der Ansprüche 11 bis 16, mit einer durch das Einbrennlackieren deutlich erhöhten Streckgrenze.

20

25

GRAMM, LINS & PARTNER GbR
Li/sz/ho

GRAMM, LINS & PARTNER
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

Salzgitter AG
Gerhard-Lucas-Meyer-Straße 3 - 5

31226 Peine

Braunschweig:

Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm*
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins*
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schrammek
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann*
Patentanwalt Dipl.-Ing. Justus E. Funke*^{†1997}
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein*
Rechtsanwalt Stefan Risthaus

Hannover:

Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läuffer*

★ European Patent Attorney
° European Trademark Attorney

Ihr Zeichen/Your ref.:

Unser Zeichen/Our ref.:
0269-156 DE-1

Datum/Date
23. Januar 2001

**Verfahren zur Herstellung eines kalt gewalzten Bandes oder Bleches aus Stahl
und nach dem Verfahren herstellbares Band oder Blech**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten, gut verformbaren Bandes oder Bleches aus Stahl, das nach einem Warmwalzen, Aufhaspeln und Kaltwalzen einem rekristallisierenden Glühen und ggf. einem Dressiervorgang unterzogen wird und ein Bake-Hardening-Potential nach einer anschließenden Verformung für eine anschließende Temperaturbehandlung aufweist.

Die Erfindung betrifft ferner ein nach dem Verfahren herstellbares gut verformbares, kaltgewalztes Band oder Blech mit einem Bake-Hardening-Potential nach einer anschließenden Verformung und für eine anschließende Temperaturbehandlung (BH₂-Potential).

Beispielsweise im Automobilbau werden leicht verformbare Bleche benötigt, die relativ dünn ausgebildet sein müssen, um das Gewicht des Fahrzeugs nicht zu hoch werden zu lassen. Derartige Bleche aus Stahl werden im Allgemeinen in Form eines Bandes hergestellt, indem eine Stahlbramme gegossen, warmgewalzt und bei einer

Antwort bitte nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13
D-30173 Hannover
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0511 / 988 75 07
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1
D-38122 Braunschweig
Bundesrepublik Deutschland
Telefon 0531 / 28 14 0 - 0
Telefax 0531 / 28 14 0 - 28

bestimmten Zwischentemperatur gehaspelt wird. Nach dem Abkühlen des gehaspelten Bandes auf im wesentlichen Umgebungstemperatur wird das Blech auf die Enddicke kaltgewalzt. Zur Beseitigung der dabei entstandenen Spannungen innerhalb des Materials wird ein rekristallisierendes Glühen durchgeführt. Anschließend
 5 wird das Band im Allgemeinen nochmals schwach mit einem Verformungsgrad zwischen etwa 0,5 und 2 % gewalzt (Dressieren).

Die leichte Verformbarkeit der Stähle steht einer Erhöhung der Festigkeitswerte der Stahlsorte grundsätzlich entgegen, da die erhöhte Festigkeit prinzipiell mit einer Beeinträchtigung der leichten Verformbarkeit einher geht. Es sind höherfeste Stahlsorten entwickelt worden (z. B. ZStE und ZStEi), die trotz höherer Festigkeitswerte relativ gut verformbar sind. Derartige Stahlgüten sind beispielsweise als ZStE Stahleisen-Werkstoffblatt SEW093 und 094 und als isotroper Stahl ZStEi bekannt, während die herkömmlichen „weichen“ Stahlgüten als St12 bis St15 (entsprechend
 10 DC01, DC03, DC04, DC05 gemäß DIN EN 10130) bekannt sind. Die Stahltypen unterscheiden sich dabei hinsichtlich der Zugabe von Mikrolegierungselementen und hinsichtlich der Verfahrensführung. Ein besonderer Stahl dieser Art ist beispielsweise der isotrope Stahl ZstEi, wie er in DE 38 03 064 C2, EP 0 400 031 B1 oder DD 285 298 B5, deren Offenbarung zum Bestandteil dieser Beschreibung gemacht
 15 wird, beschrieben ist.
 20

Für viele Stahlsorten besteht eine Möglichkeit, eine gute Verformbarkeit mit einer erhöhten Streckgrenze nach der Fertigstellung zu kombinieren, darin, den Stahl mit einem sogenannten Bake-Hardening-Potential zu produzieren. Der Bake-Hardening-Effekt bewirkt, dass bei einer Temperaturbehandlung des Stahls, wie sie beispielsweise beim Einbrennlackieren von Karosserieblechen vorgenommen wird, eine Verfestigung, also eine Erhöhung der Streckgrenze, hervorgerufen wird. Es handelt sich dabei um eine künstliche Alterung des Stahls, die die zusätzliche Festigkeitssteigerung bewirkt. Die Festigkeitssteigerung wird also nach der durchgeführten Verformung des Bleches zur Erstellung des gewünschten Bauteils erreicht, sodass die Festigkeitserhöhung nicht die Verformung des Bleches stört. Es hat sich herausgestellt, dass die vorherige Verformung des Bleches den Bake-Hardening-Effekt beein-
 25
 30

flusst. Der nur durch die Temperaturbehandlung bewirkte Bake-Hardening-Effekt ohne vorherige Verformung wird als BH_0 -Wert angegeben, während ein Maß für den Bake-Hardening-Effekt nach einer vorgenommenen Verformung der BH_2 -Wert ist, der nach einer Verformung des Bleches um 2 % die Festigkeitserhöhung aufgrund einer anschließenden Temperaturbehandlung – genormt bei 170 °C für 20 Min. – angibt.

Der Bake-Hardening-Effekt beruht auf einem Gehalt an gelöstem Kohlenstoff im Stahl, der über dem Gleichgewichtszustand liegt. Zur Herstellung dieser Übersättigung des Stahls mit gelösten C-Atomen wird das Rekristallisationsglühen im Anschluss an das Kaltwalzen mit einer Durchlaufglühe durchgeführt. Durch die Temperaturerhöhung in der Durchlaufglühe geht Kohlenstoff in Lösung. Da in der Durchlaufglühe das Blech nur kurzzeitig aufgeheizt wird, wird für die Rekristallisation eine deutlich über A_1 liegende Temperatur verwendet. In Verbindung mit dem schnellen Abkühlen des Stahlbandes entsteht der Anteil an gelösten C-Atomen, der einige Größenordnungen über dem Gleichgewichtszustand liegt.

Wird hingegen das Glühen des gewickelten Stahlbandes im Haubenofen, d.h. für eine vergleichsweise lange Zeit, durchgeführt und die dazugehörige langsame Abkühlung an Luft vorgenommen, verbleibt das Stahlband im Gleichgewichtszustand, sodass kein Alterungspotential (Bake-Hardening-Potential) entsteht, wenn der Gehalt an Kohlenstoff $\geq 0,02$ % ist. Nur bei geringeren Kohlenstoffgehalten, die nur durch eine aufwändige Vakuumbehandlung einstellbar sind, lässt sich ein Alterungspotential herstellen, da die in Lösung befindlichen C-Atome aufgrund ihrer geringen Dichte und der damit verbundenen längeren Diffusionswege nur erschwert zu einer Eisenkarbidausscheidung (Zementit) gelangen und daher ein Teil übersättigt in Lösung bleibt. Für C-Gehalte $\geq 0,02$ % findet beim langsamen Abkühlen die Ausscheidung des Kohlenstoffs statt, sodass kein gelöster Kohlenstoff für das Alterungspotential zur Verfügung steht. Durch die Temperaturbehandlung diffundieren die in der Lösung befindlichen Kohlenstoffatome in Versetzungsbereiche der Matrix. Die Versetzungen werden dadurch blockiert, sodass ein erhöhter Spannungsbetrag erforderlich ist, um erneut ein plastisches Fließen im Werkstoff zu erzeugen. Dieser

Effekt wird erheblich vergrößert durch eine vorherige Verformung des mit gelöstem C übersättigten Stahlbandes. Der Verformungsvorgang, beispielsweise durch Tiefziehen, führt zu einer signifikanten Erhöhung der Versetzungsdichte. Bei der Temperaturbehandlung, wie sie beispielsweise beim Einbrennlackieren vorgenommen wird, diffundieren die Kohlenstoffatome in die dilatierten Bereiche der Versetzungen. In der Praxis ist daher der Bake-Hardening-Effekt nach einer vorherigen Verformung (charakterisiert durch BH_2) relevant.

Die Umformung der Bleche führt in Abhängigkeit vom Verformungsgrad zu einer Kaltverfestigung (Work-Hardening). Für die Anwendung der Bake-Hardening-Stähle ist die Gesamtfestigkeit, die sich aus der Kaltverformung durch die Umformung und Bake-Hardening aus der Temperaturbehandlung ergibt, relevant. Die bekannten Bake-Hardening-Stähle, die mit einer Durchlaufglühe hergestellt werden, weisen über den Grad der Vordehnung als Variable einen annähernd konstanten Streckgrenzenverlauf für die Summe aus Work-Hardening und Bake-Hardening auf. Der Bake-Hardening-Effekt ist daher bei größeren Dehnungen aufgrund des stark überwiegenden Anteils der Kaltverfestigung kaum relevant. Es ist daher bekannt, dass die Anwendung von Bake-Hardening-Stählen vorwiegend für großflächige Bauteile interessant ist, die nur schwach umgeformt werden, wie beispielsweise Kotflügel, Motorhauben, PKW-Türen und -Dächer.

Bekannt ist ferner, dass der Bake-Hardening-Effekt mit dem Gehalt gelöster Atome bis zu einem Sättigungswert ansteigt. Ein zu großer Gehalt gelöster C-Atome führt zu einer fehlenden Alterungsbeständigkeit des Stahlbleches bei Auslagerung. Für Bake-Hardening-Stähle wird daher ein Gehalt an gelöstem Kohlenstoff zwischen 5 und 10 ppm als optimal angesehen.

Die Beschränkung der Ausnutzung des Bake-Hardening-Effektes auf Nicht-Vakuumstähle, die in einer Durchlaufglühe rekristallisierend geglüht worden sind, führt zu erheblichen Restriktionen für die Herstellung geeigneter Stahlbleche. Vorteilhafte Eigenschaften von Stahlblechen, die vorzugsweise die rekristallisierende Glühung in Haubenglühöfen benötigen, wie beispielsweise die Herstellung von

Stahlblechen mit einer planaren Isotropie oder Quasi-Isotropie, lassen sich daher bisher nicht mit einem Bake-Hardening-Effekt erstellen.

Der Erfindung liegt daher die Problemstellung zugrunde, die Herstellung von Bändern oder Blechen aus Stahl der eingangs erwähnten Art mit einem Bake-Hardening-Potential zu ermöglichen, die die herkömmlichen Restriktionen nicht aufweist.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Verfahren der eingangs erwähnten Art dadurch gekennzeichnet, dass das rekristallisierende Glühen in einem Haubenofen im Bund durchgeführt wird und dass das Band oder Blech nach dem rekristallisierenden Glühen von einer Temperatur T mit $200^{\circ}\text{C} \leq T \leq A_1$ einer Abkühlung mit einer Abkühlgeschwindigkeit $\geq 1^{\circ}\text{C/s}$ unterzogen wird.

Dieses erfindungsgemäße Verfahren erlaubt somit die Herstellung eines Bake-Hardening-Stahlbandes oder -bleches, das in einem Haubenofen, vorzugsweise im Festbund, rekristallisierend geglüht worden ist, und zwar auch dann, wenn der C-Gehalt in dem Stahl $\geq 0,02\%$ ist.

Überraschender Weise ist es durch das erfindungsgemäße kurzzeitige Glühen nach der Abkühlung des rekristallisierend geglühten Bandes oder Bleches auf $\leq 150^{\circ}\text{C}$, vorzugsweise auf etwa Raumtemperatur, möglich, als Karbide ausgeschiedenes C wieder in Lösung zu bringen. Da die Temperatur des kurzzeitigen Glühens unter der A_1 -Temperatur des Stahles liegt, werden durch dieses Glühen die technologischen Eigenschaften des Stahls im Übrigen, insbesondere seine Textur, nicht wesentlich geändert. Aufgrund des kurzzeitigen Glühens und der anschließenden Abkühlung, die in üblicher Weise mit Luft, aber auch mit Wasser erfolgen kann, verbleibt ein Teil des gelösten C in Lösung und führt zu dem Alterungspotential für die nachfolgende Temperaturbehandlung, beispielsweise während eines Einbrennlackierens.

Das kurzzeitige Glühen wird vorzugsweise in einem Durchlaufglühofen bewirkt. Für die Erzeugung eines ausreichenden Bake-Hardening-Effektes muss bei einer niedrigen Glühtemperatur T eine relativ lange Glühdauer eingehalten werden, während

höhere Glühtemperaturen die erforderliche Glühdauer erheblich herabsetzen. Es ist daher bevorzugt, eine Temperatur T des kurzzeitigen Glühens ≥ 450 °C zu verwenden. Bevorzugt ist ferner, die Glühdauer des kurzzeitigen Glühens zwischen 2 Min. und 5 Min. einzustellen.

5

Es wird im Allgemeinen sinnvoll sein, das Band oder Blech nach dem kurzzeitigen Glühen zu dressieren, also in üblicher Weise schwach zu verformen. Es kann auch sinnvoll sein, wenn das Band oder Blech vor dem kurzzeitigen Glühen bereits dressiert worden ist, obwohl dies nicht immer erforderlich erscheint.

10

Für die Herstellung von verzinkten Blechen oder Bändern ist es besonders zweckmäßig, eine Feuerverzinkung des Bleches oder Bandes zumindest als Teil des kurzzeitigen Glühens zu benutzen. Allerdings kann das erfindungsgemäße Verfahren auch für gar nicht oder elektrolytisch, d.h. ohne Wärmeeinwirkung, zu verzinkende Bleche eingesetzt werden.

15

Das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Band oder Blech unterscheidet sich von herkömmlichen Bändern oder Blechen mit einem Bake-Hardening-Potential dadurch, dass die Gesamtverfestigung des Stahls (Work-Hardening + Bake-Hardening) mit größerer vorheriger Verformung des Bleches zunimmt. Ferner enthält der erfindungsgemäße Stahl Zementitausscheidungen in der Matrix und an den Korngrenzen. Herkömmliche, durchlaufgeglühte Bake-Hardening-Stähle sind praktisch zementitfrei. Werden diese Stähle einer Überalterungsbehandlung ausgesetzt, bildet sich zwar Zementit, allerdings unter Verlust des Bake-Hardening-Effekts. Demgegenüber weist der erfindungsgemäße Stahl Zementitausscheidungen und einen Bake-Hardening-Effekt auf. Dies gilt auch dann, wenn der Stahl einen C-Gehalt $\geq 0,02$ % aufweist. Nach dem Einbrennlackieren weist das Blech eine durch den Bake-Hardening-Effekt deutlich, d.h. um mindestens 15 MPa, vorzugsweise um mindestens 30 MPa, erhöhte Streckgrenze auf.

20

25

30

Der erfindungsgemäße Stahl kann beliebige Analysen aufweisen, die für gut verformbare, kaltgewalzte Bänder oder Bleche bekannt sind. Das erfindungsgemäße

Band oder Blech kann daher aus einem Stahl der Stahlsorte St12 bis St15, ZStE oder ZStEi hergestellt sein.

Der erfindungsgemäße Stahl ist vorzugsweise wie folgt zusammengesetzt:

5

C 0,02 bis 0,12 %, vorzugsweise 0,03 bis 0,08 %

Si max. 0,50 %, vorzugsweise max. 0,40 %

Mn 0,1 bis 1,2 %, vorzugsweise 0,1 bis 1,0 %

P max. 0,1 %, vorzugsweise max. 0,08 %

10 S max. 0,025 %, vorzugsweise max. 0,02 %

N max. 0,009 %

Al 0,01 bis 0,08 %, vorzugsweise 0,015 bis 0,08 %

ggf. zusätzlich:

15 Ti 0,005 bis 0,06 %, vorzugsweise 0,01 bis 0,04 %

und ggf. zusätzlich:

Nb 0,005 bis 0,06 %, vorzugsweise 0,01 bis 0,04 %

- für isotrope Stähle -;

ggf. zusätzlich:

20 Ti max. 0,22 % und ggf. zusätzlich

Nb max. 0,22 %

- für ZStE Stähle -;

Rest Eisen und nicht vermeidbare Verunreinigungen.

25 Soweit untere Grenzen für die o.a. Bestandteile nicht angegeben worden sind, ergeben sich diese aus nicht vermeidbaren Verunreinigungen mit diesen Elementen.

Der erfindungsgemäße Stahl kann eine feuerverzinkte Oberfläche aufweisen und nach der Feuerverzinkung dressiert worden sein.

Die erfindungsgemäße kurzzeitige Glühung kann bei einer konstanten Temperatur über die Glühzeit erfolgen, aber auch mit unterschiedlichen Glühtemperaturen während der Glühdauer.

- 5 Die Erfindung soll im Folgenden anhand einiger Beispiele näher erläutert werden.

Entsprechende Versuche sind durchgeführt worden mit Stählen der Güten St15, St14, zwei Varianten der Güte ZStE220i und der Güte ZStE340, deren chemische Zusammensetzungen der beigefügten **Tabelle 1** zu entnehmen sind.

10

Für die Versuche sind somit Stahlsorten verwendet worden, die alle einen C-Gehalt von $\geq 0,02$ % aufweisen. Im Falle des Stahls ZStE340 beträgt der C-Gehalt sogar 0,075 %.

- 15 Die „weichen“ Güten St15 und St14 weisen keine relevanten Mengen an Mikrolegierungselementen (Ti, V, Nb, Mo) auf. Demgegenüber ist die isotrope Stahlsorte ZSt220 gekennzeichnet durch einen Titangehalt, der zwischen 0,01 und 0,04 % liegen kann und in den Versuchsbeispielen auf etwa 0,02 % eingestellt ist. Die härteste Güte ZSt340 weist einen ähnlichen Titangehalt und darüber hinaus einen
20 deutlichen Niobgehalt auf.

- Die Untersuchung der Stahlgüten St14 und St15 haben für die hier interessierenden Parameter keine relevanten Unterschiede ergeben. Gleiches gilt für die Versuche mit den beiden Kaltbändern der Sorte ZStE220i. Im Folgenden wird daher jeweils das
25 Ergebnis nur eines Vertreters dieser Güten angegeben und diskutiert.

- Da die verwendeten Stahlsorten im Markt geläufig und daher dem Fachmann hinlänglich bekannt sind, kennt der Fachmann die für die Herstellung der Stahlsorten erforderlichen Verfahrensschritte und deren Besonderheiten zur Erzielung der ge-
30 wünschten Stahlgüten. Auf eine detaillierte Beschreibung kann daher hier verzichtet werden. Für die isotropen Stahlsorten wird auf die in DE 38 03 064 C2, EP 0 400 031 B1 und DD 285 298 B5 beschriebenen Herstellungsverfahren verwiesen, deren

Verfahrensparameter zum Gegenstand der Offenbarung dieser Beschreibung gemacht werden.

Alle verwendeten Stahlgüten sind in üblicher Weise bei den erforderlichen Temperaturen zur Bramme gegossen und anschließend warmgewalzt worden. Nach einem Haspeln bei einer geeigneten Zwischentemperatur ist eine Abkühlung an Luft vorgenommen worden. Anschließend sind die Kaltwalzschrirte durchgeführt worden. Danach ist das Stahlband im Haubenofen rekristallisierend geglüht worden, wobei die übliche Glühdauer zwischen 20 und 70 Stunden liegt.

Das auf etwa Raumtemperatur abgekühlte Stahlband ist für die hier durchgeführten Versuche teilweise dressiert und teilweise undressiert verwendet worden, bevor das erfindungsgemäße kurzzeitige Glühen, vorzugsweise in einem Durchlaufofen, vorgenommen wird. Um den BH_2 -Effekt, der in der Praxis allein von Bedeutung ist, feststellen zu können, ist das Material vorgereckt worden.

In allen Fällen ist nach dem kurzzeitigen Glühen das abgekühlte Material dressiert worden.

Figur 1 zeigt die Messergebnisse für den BH_2 -Effekt für den Stahl St15 in Abhängigkeit von der Glüh Temperatur und der Glühdauer, die jeweils mit 0,5 Min., 2 Min. und 5 Min. eingestellt worden ist. Die vor dem Glühen nicht dressierten Proben sind wegen des Dressierens nach dem Glühen als „1 x dressiert“, die vordressierten Proben als „2 x dressiert“ bezeichnet worden.

Es zeigt sich, dass bereits bei der Glüh Temperatur von 200 °C und einer geringen Glühdauer ein erhöhtes BH_2 -Potential vorliegt, das für alle Proben mit zunehmender Glüh Temperatur und zunehmender Glühdauer ansteigt, wobei bei der Glüh Temperatur von 700 °C durch eine Verlängerung der Glühdauer über 2 Min. keine oder keine wesentliche Erhöhung des BH_2 -Potentials mehr erreicht wird.

Für alle Proben erbringt das Dressieren des Materials vor dem kurzzeitigen Glühen keine merkliche Erhöhung des BH₂-Effektes, in einigen Fällen ist sogar eine merkliche Erniedrigung festzustellen.

- 5 **Figur 2** zeigt die Ergebnisse für die gleichen Untersuchungen bei dem Stahl ZStE220i. Ein sehr großer BH₂-Effekt wird bei einer Glüh­temperatur von 700 °C und einer Glühdauer von 2 Min. erzielt. Eine Verlängerung der Glühdauer bei dieser Temperatur führt zu einer Verringerung des BH₂-Effektes. Auch hier ist das Dressieren vor dem vorzeitigen Glühen für die Größe des BH₂-Effektes eher schädlich.

10

Die in **Figur 3** dargestellten Ergebnisse für die Stahlgüte ZStE340 verdeutlicht, dass für diesen Fall das Dressieren vor dem kurzzeitigen Glühen, jedenfalls für mittlere Glüh­temperaturen günstig ist. Bei der niedrigen Glüh­temperatur von 200 °C bildet sich ein Maximum bei der Glüh­temperatur von 2 Min. für den 1 x dressierten Stahl aus. Für kürzere und längere Glühdauern geht der BH₂-Effekt sogar auf 0 zurück.

15

Die **Figuren 4 bis 6** verdeutlichen die Abhängigkeit des BH-Wertes von dem Grad der vorherigen Reckung des Materials. In allen Fällen stellt sich ein mehr oder weniger deutlich ausgeprägtes Maximum bei etwa 2 % Reckgrad ein, während herkömmliche Bake-Hardening-Stähle einen mit zunehmenden Reckgrad abfallenden BH-Wert aufweisen.

20

Figur 4 zeigt die Ergebnisse für undressierte Proben der Güten ZSt220i, St14 und ZSt340, die 5 Min. bei 500 °C geglüht und in Abhängigkeit von der Stahlgüte beim Dressieren zwischen 0,5 und 1 % verformt worden sind. Die Bake-Hardening-Glühung hat gemäß den Prüfvorschriften bei 170° für 20 Min. stattgefunden.

25

Die in **Figur 5** dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die gleichen Stähle mit gleichen Dressiergraden, wobei jedoch die kurzfristige Glühung bei 500 °C für eine Glühdauer von 15 Min. vorgenommen worden ist.

30

Die in **Figur 6** dargestellten Ergebnisse betreffen die in gleicher Weise behandelten Stahlgüten, die bei 700 °C für 5 Min. geglüht worden sind. Auffallend ist dabei das hohe Bake-Hardening-Potential für die isotrope Stahlgüte ZStE220i, die mit einem Verformungsgrad zwischen 2 und 3 % vorgereckt worden ist.

5

In **Figur 7** ist für die drei Stahlgüten die Summe aus der Verformungsverfestigung (Work-Hardening WH) und der Bake-Hardening-Verfestigung (BH) in Abhängigkeit vom Reckgrad angegeben. Während herkömmliche Bake-Hardening-Stahlgüten eine im Wesentlichen konstante Summe des Streckgrenzanstiegs über die unterschiedlichen Reckgrade zeigen, weisen die erfindungsgemäßen Stahlsorten einen mit dem Reckgrad wachsenden Streckgrenzanstieg auf. Die erfindungsgemäß behandelten Stähle unterscheiden sich daher in ihren mechanischen Eigenschaften erkennbar von den herkömmlich produzierten Bake-Hardening-Stählen.

10

Die **Figuren 8 bis 10** verdeutlichen den Verlauf der Work-Hardening-Kurve und der Bake-Hardening-Kurve in Abhängigkeit vom Vordehnungsgrad für die Stahlsorten St 15 (**Figur 8**), ZStE 220i (**Figur 9**) und ZStE 340 (**Figur 10**). Während der reine Bake-Hardening-Effekt mit zunehmender Vordehnung eher wieder abnimmt, nimmt der Work-Hardening-Effekt überproportional zu, woraus sich die ansteigende Summenkurve für den erfindungsgemäßen Stahl ergibt.

20

Figur 11 verdeutlicht die Abhängigkeit der Summe des Streckgrenzanstiegs von den Glühtemperaturen und den Glühdauern. Für alle Stahlsorten wird der höchste Streckgrenzanstieg bei der höchsten (zulässigen) Glühtemperatur von ca. 700 °C bei langer Glühdauer (5 Min.) erzielt. Eine weitere Erhöhung der Glühtemperatur ist nicht möglich, da der A_1 -Wert (ca. 720 °C) während des Glühvorganges nicht überschritten werden darf. Eine Überschreitung der A_1 -Temperatur würde Umwandlungen verursachen, die die Eigenschaften des Stahls negativ verändern würden.

25

30

In **Tabelle 2** sind die wesentlichen mechanischen Werte für erfindungsgemäß behandelte Stähle mit BH₂-Effekt verglichen mit den mechanischen Eigenschaften der

Stahlsorten, wie sie in der Euronorm EN 10 130, in einem Werkstoffblatt W5/94 der Anmelderin oder in den Stahleisenwerkstoffblättern SEW 093 und SEW 094 dargestellt sind.

5 Alle Prozentangaben betreffen Gew.%.

10



GRAMM, LINS & PARTNER GbR
Li/sz/ho



Zusammenfassung

Die Herstellung eines kaltgewalzten, gut verformbaren Bandes oder Bleches aus Stahl, das nach einem Warmwalzen, Aufhaspeln und Kaltwalzen einem rekristallisierenden Glühen und ggf. einem Dressiervorgang unterzogen wird und ein Bake-Hardening-Potential nach einer anschließenden Verformung und für eine anschließende Temperaturbehandlung aufweist, gelingt dadurch, dass das rekristallisierende Glühen in einem Haubenofen im Bund durchgeführt wird und dass das Band oder Blech nach dem rekristallisierenden Glühen von einer Temperatur T mit $200^{\circ} \text{C} \leq T \leq A_1$ einer Abkühlung mit einer Abkühlgeschwindigkeit $\geq 1^{\circ} \text{C/s}$ unterzogen wird.

10

Somit ist es möglich, Eigenschaften haubengeglühter Stähle zu erhalten und dennoch einen Bake-Hardening-Effekt, insbesondere für C-Gehalte $\geq 0,02 \%$ zu erzielen.

15

20

Li/sz/ho

Güte	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cu	Cr	Ni	Ti	V	Nb	Mo
St15 (28348)	0,024	0,008	0,196	0,006	0,008	0,0047	0,039	0,009	0,014	0,032	0,001	0,001	0	0,002
St14 (48188)	0,027	0,009	0,201	0,007	0,009	0,0036	0,041	0,038	0,033	0,040	0,001	0,002	0,001	0,002
ZStE220i (15343)	0,023	0,019	0,188	0,006	0,005	0,0038	0,046	0,023	0,022	0,038	0,019	0,001	0	0,004
ZStE220i (47669)	0,024	0,011	0,193	0,011	0,005	0,0048	0,037	0,011	0,021	0,030	0,021	0,004	0	0,004
ZStE340 (33042)	0,075	0,016	0,970	0,011	0,002	0,0062	0,046	0,021	0,023	0,032	0,017	0,004	0,046	0,002

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung.

Stahlsorte	Streckgrenze MPa	Zugfestigkeit MPa	Bruchdehnung %	BH ₂ MPa
St15 (EN10 130)	bis 180	270 bis 330	mind. 40	-
St15 (5min 500°C)	150	300	36	mind. 38
St15 (2min 700°C)	190	330	30	mind. 58
ZStE220i (SZAG W5/94)	ab 220	300 bis 380	mind. 36	-
ZStE220i (5min 500°C)	220	340	34	mind. 41
ZStE220i (2min 700°C)	250	360	28	mind. 80
ZStE340 (SEW093)	340 bis 440	410 bis 530	mind. 20	-
ZStE340 (5min 500°C)	380	470	22	mind. 15
ZStE340 (2min 700°C)	390	480	20	mind. 35
ZStE220BH (SEW094)	220 bis 280	320 bis 400	mind. 30	ab 40

Tabelle 2

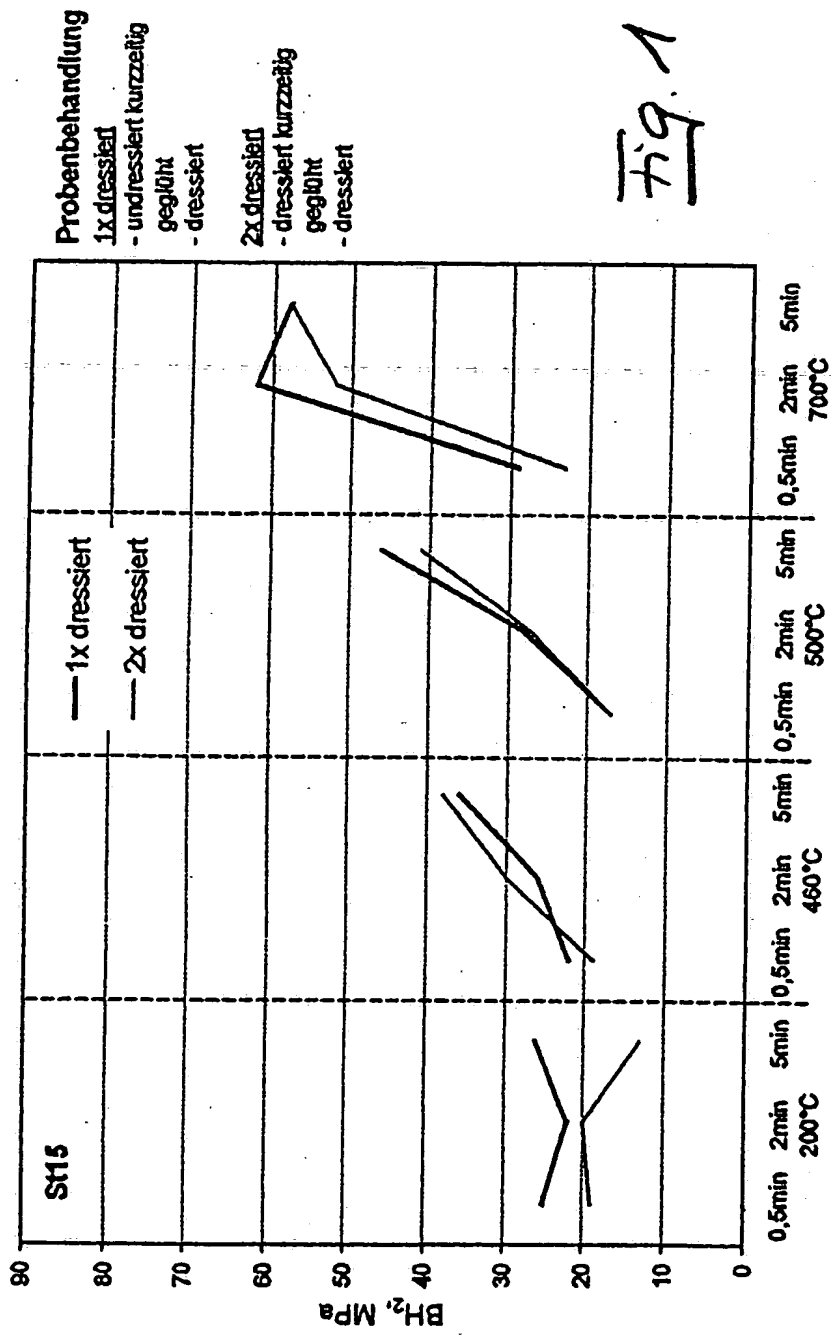


Fig. 1

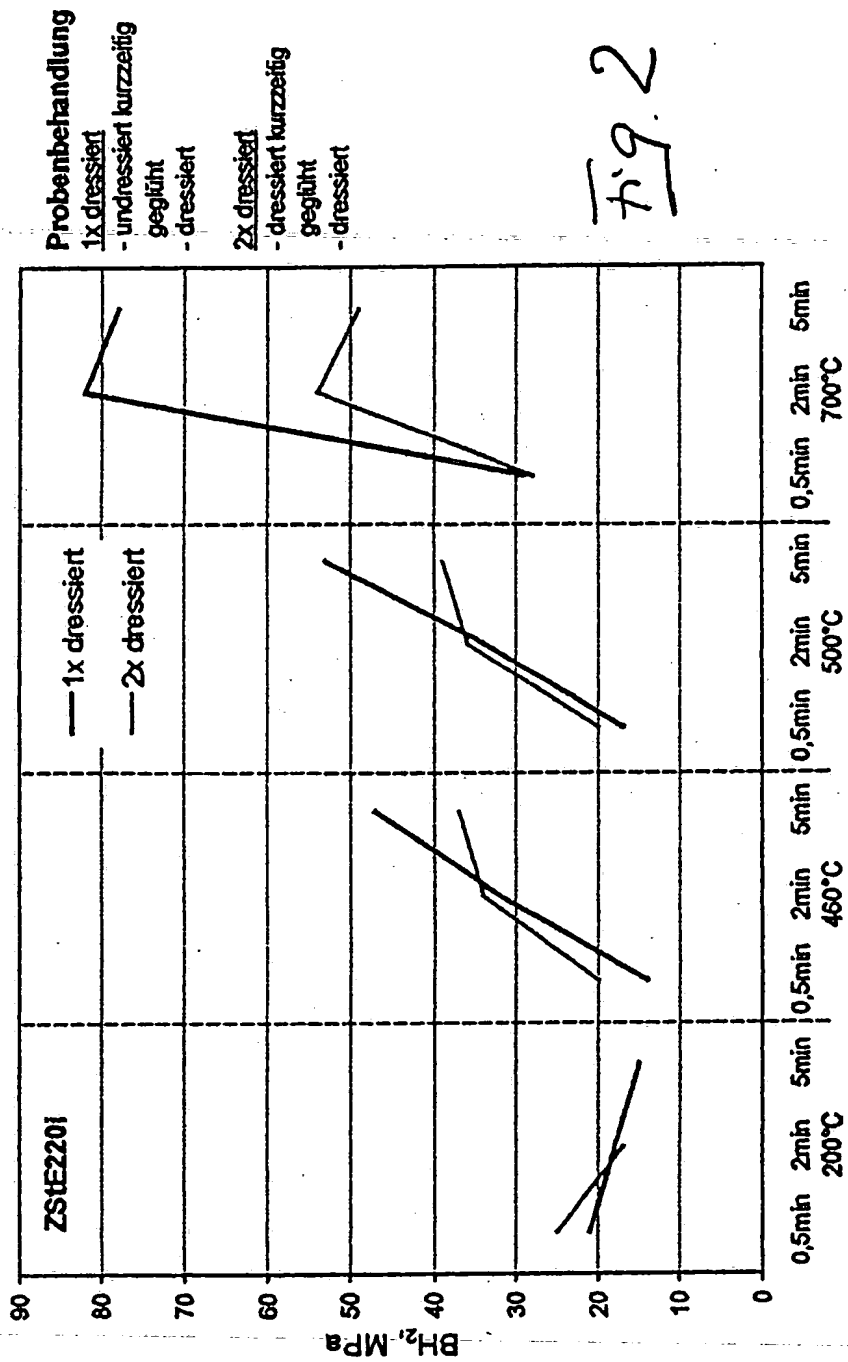


Fig. 2

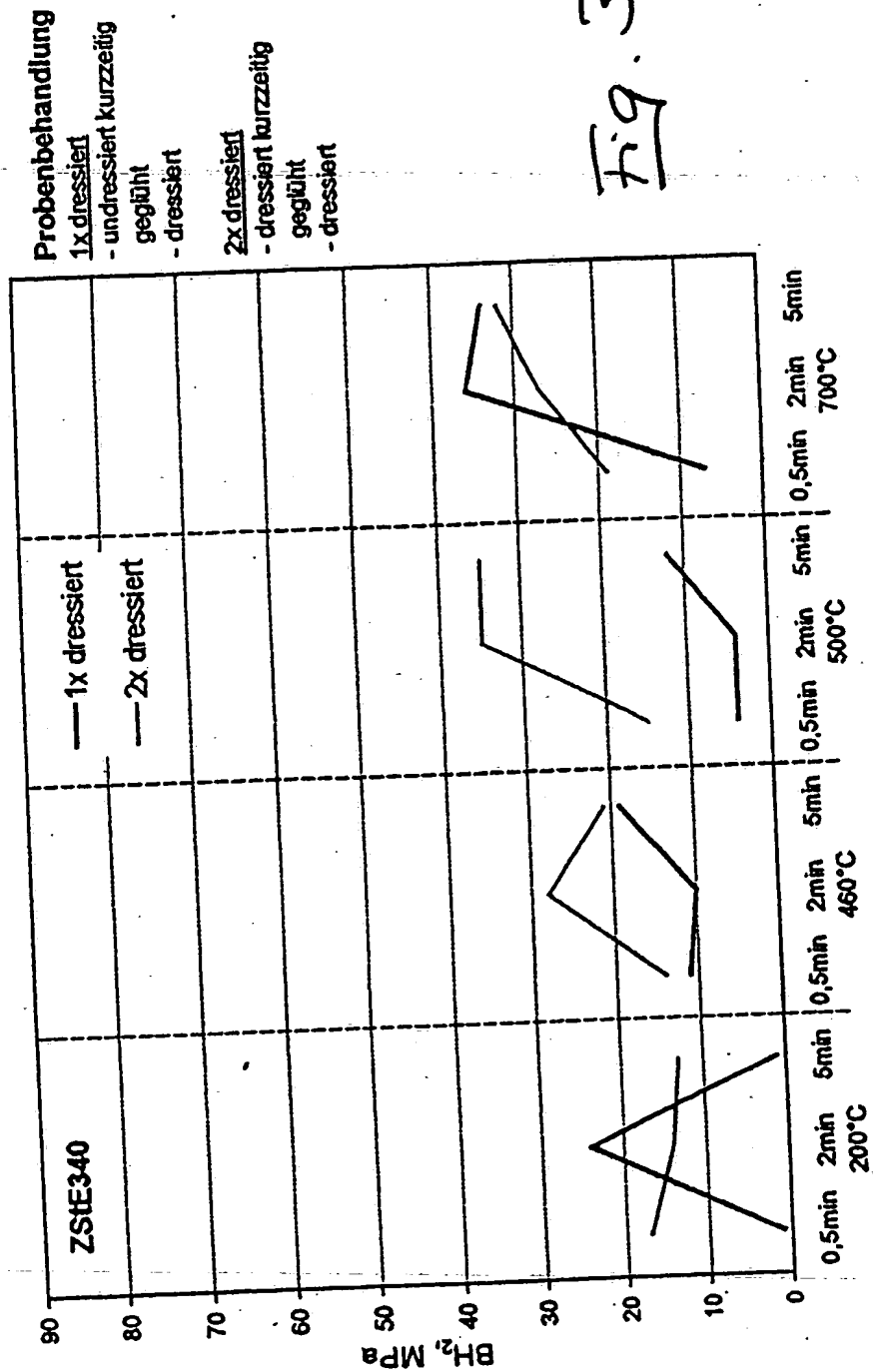


Fig. 3

— ZStE220i
 — St14
 — ZStE340

Probenbehandlung:
 Undressierte Proben
 Glühung: 5min bei 500°C
 Dressieren 0,5% (St14)
 0,8% (ZStE220i)
 1,0% (ZStE340)
 BH-Glühung: 20min bei 170°C

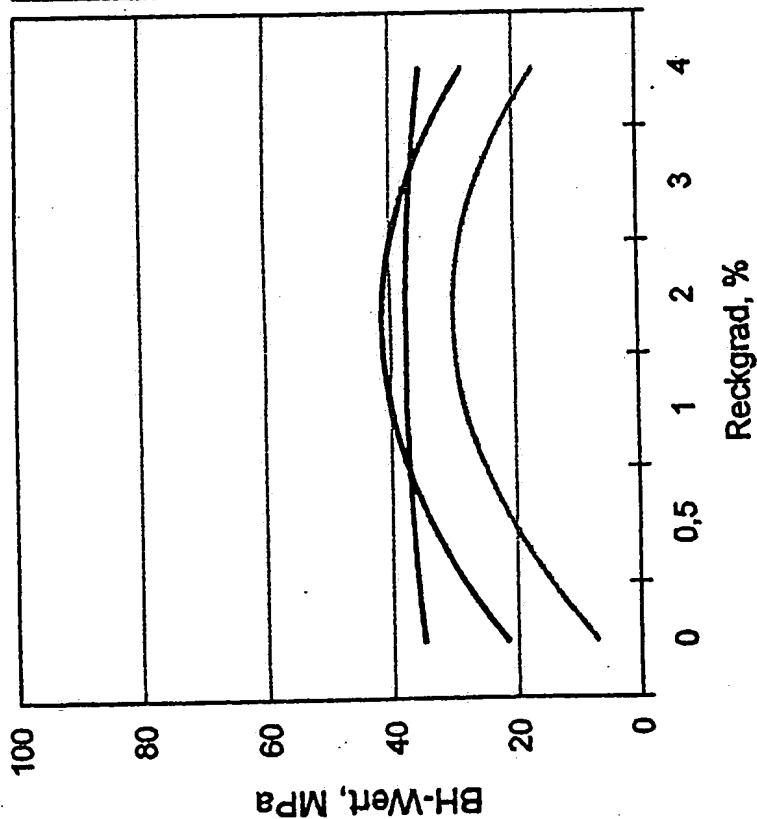


Fig. 4

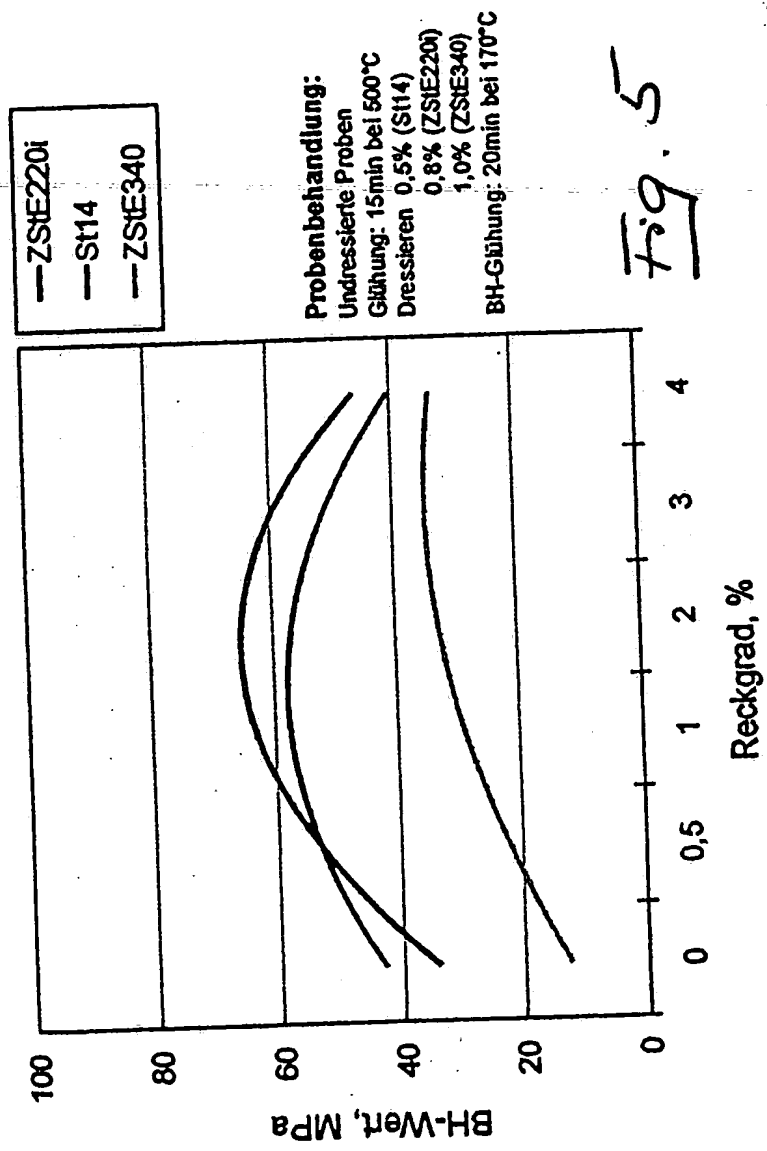


Fig. 5

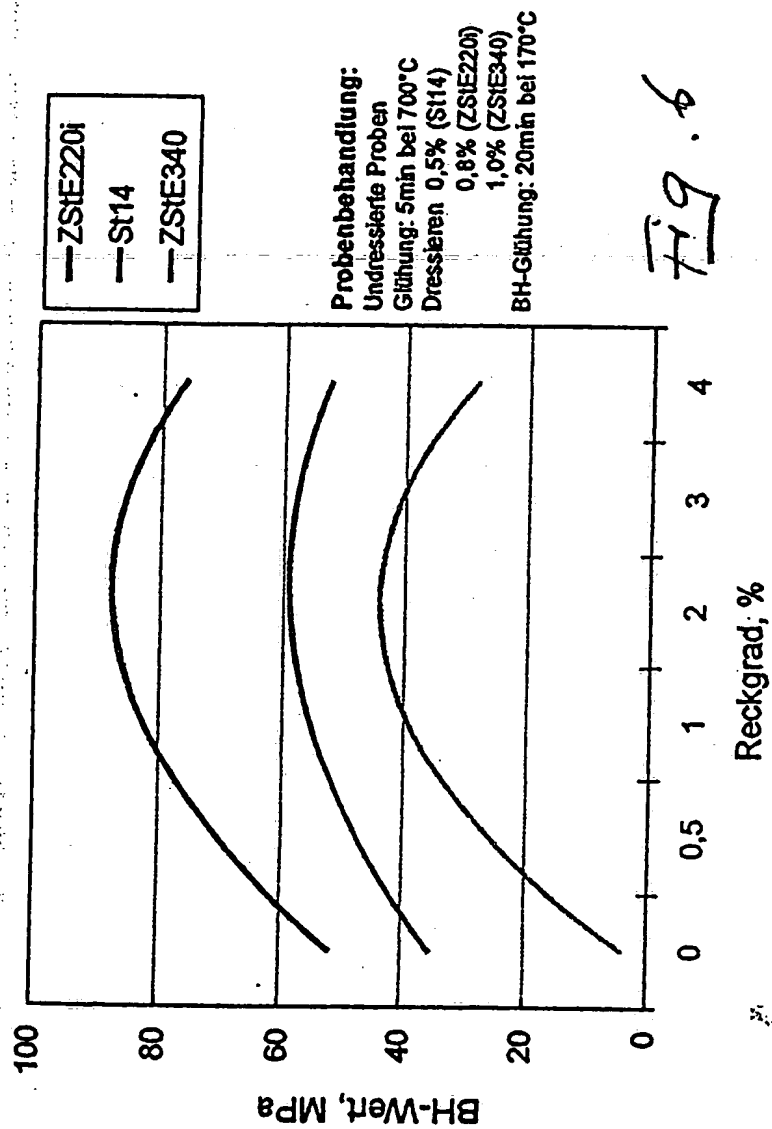


Fig. 6

— WH + BH ZStE220i
 — WH + BH St14
 — WH + BH ZStE340

Probenbehandlung:
 Undressierte Proben
 Glühung: 5min bei 700°C
 Dressieren 0,5% (St14)
 0,8% (ZStE220i)
 1,0% (ZStE340)
 BH-Glühung: 20min bei 170°C

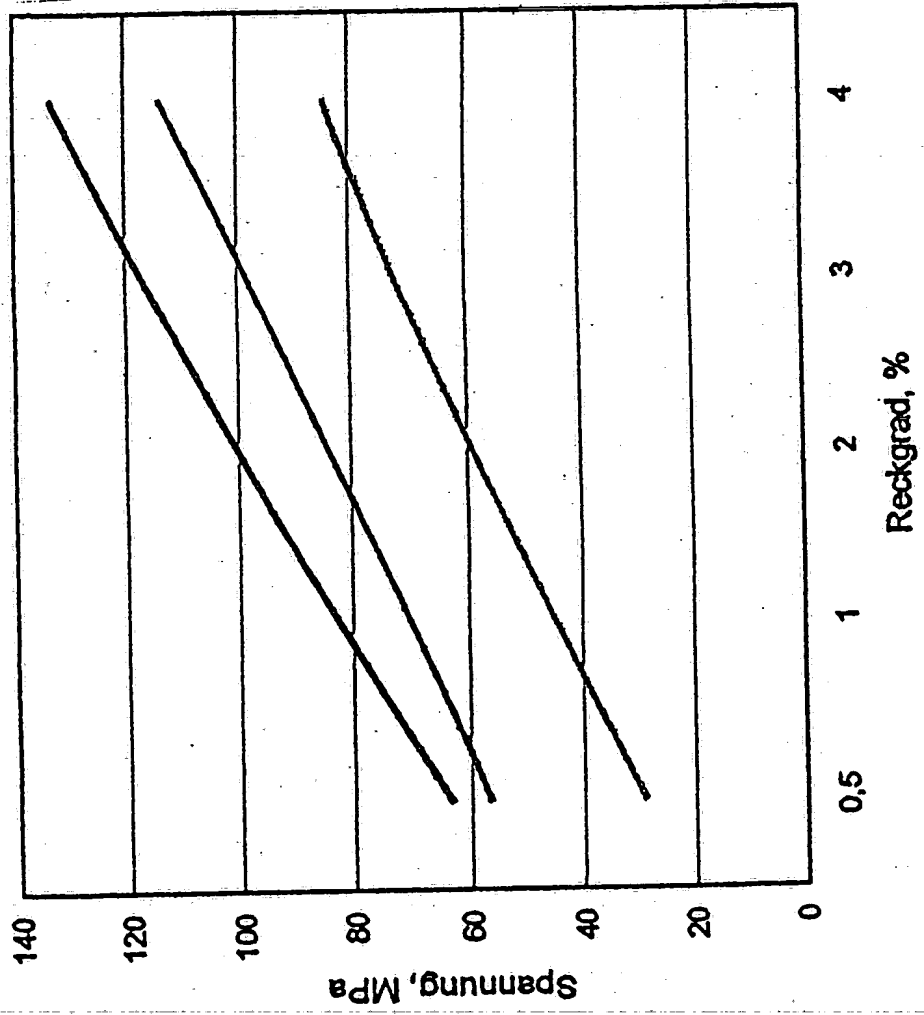


Fig. 7

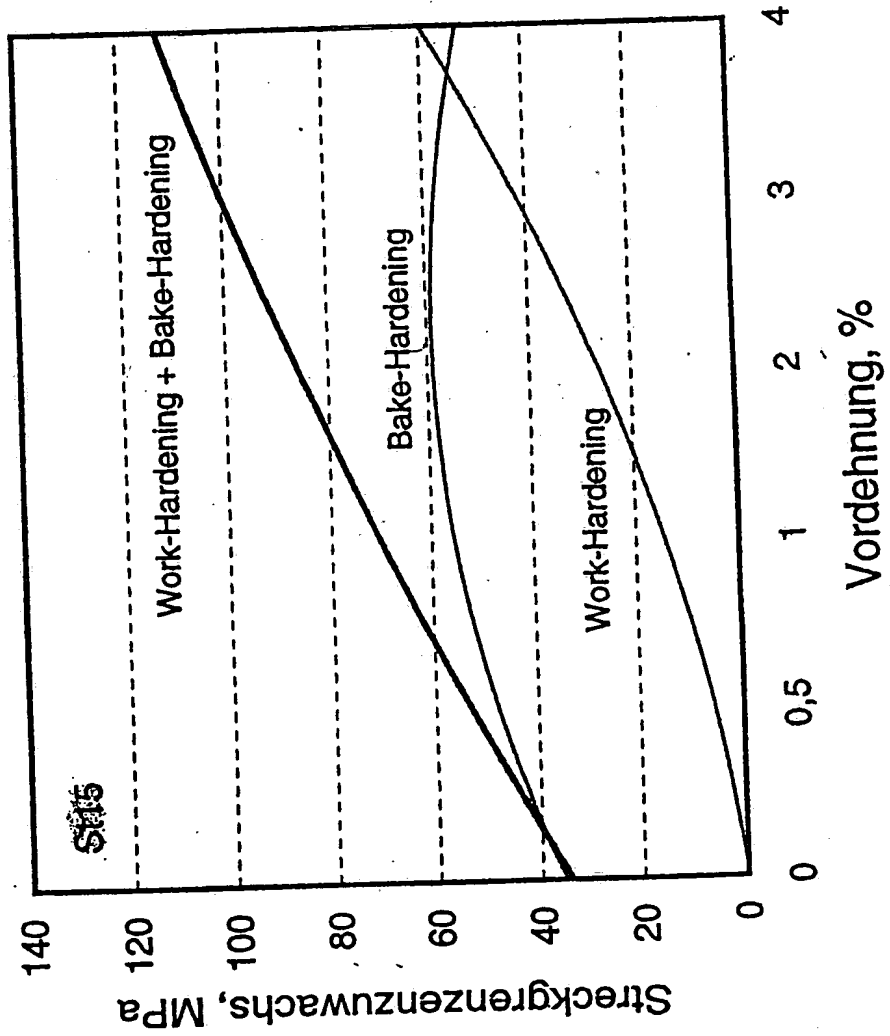


Fig. 8

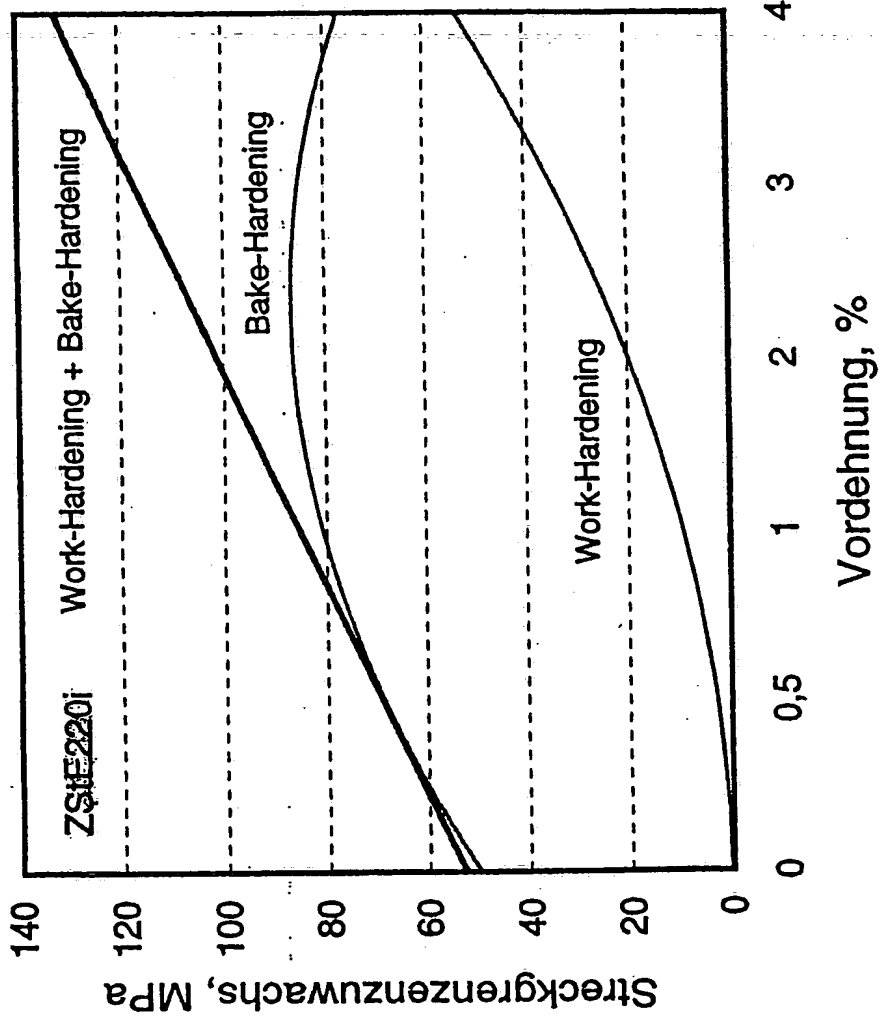


Fig. 9

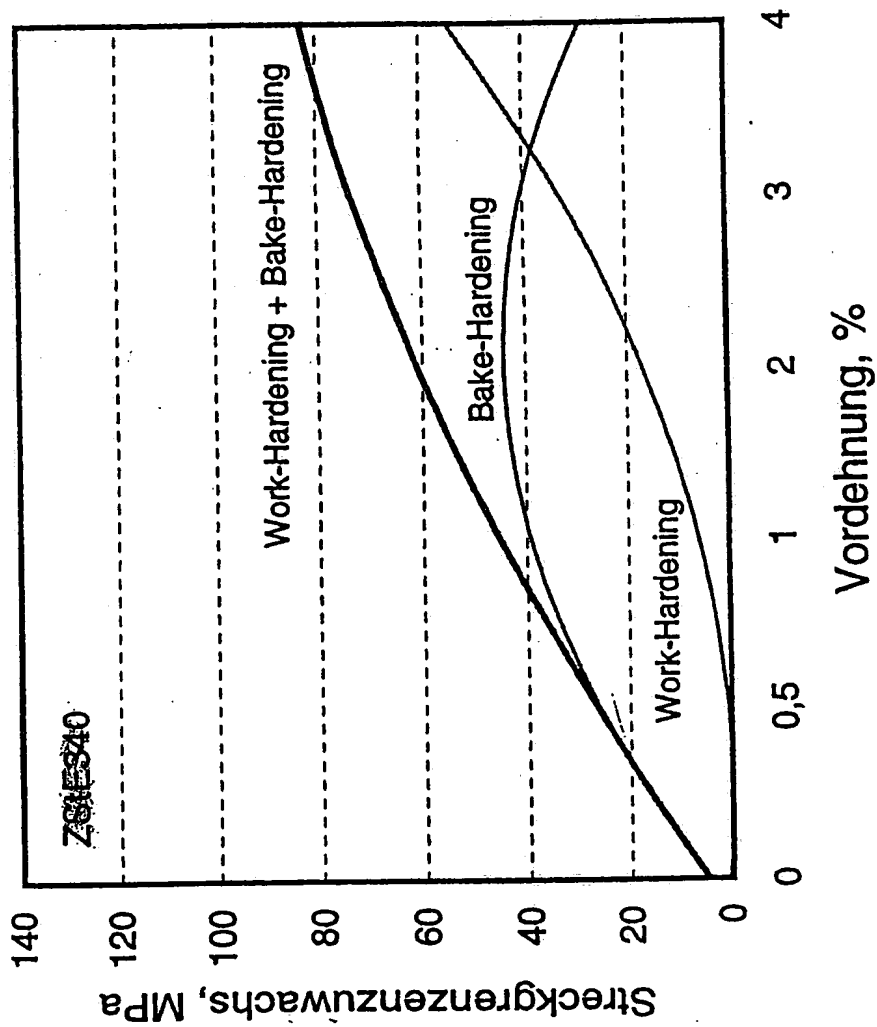


Fig. 10

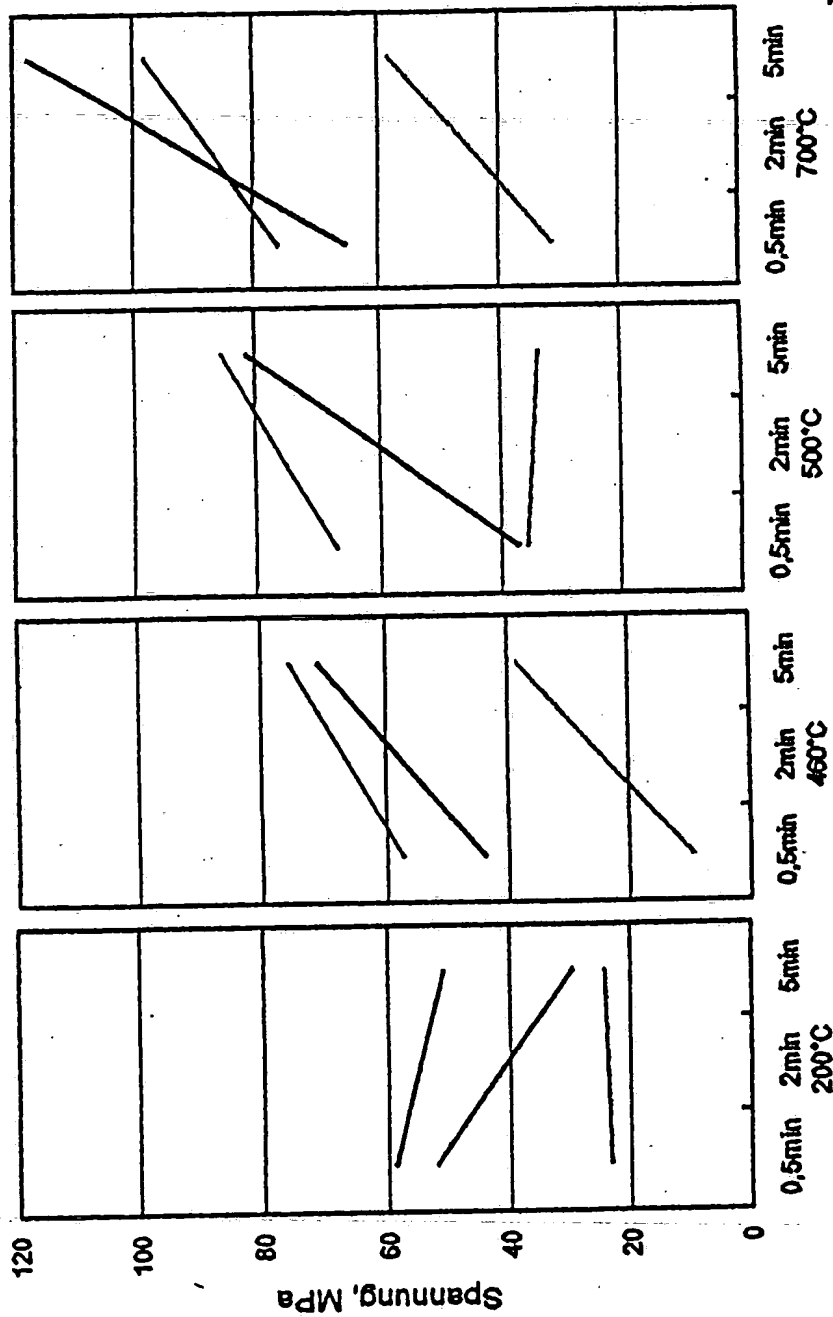


Fig. 11

Glühdauer und-temperatur der zusätzlichen Glühung

— WH + BH2 S115 — WH + BH2 ZStE220I — WH + BH2 ZStE340 Probenzustand: undressiert kurzzeitig gegläht, dresiert